



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 203 15 975 U1** 2004.05.06

(12)

## Gebrauchsmusterschrift

(22) Anmeldetag: 17.10.2003

(47) Eintragungstag: 01.04.2004

(43) Bekanntmachung im Patentblatt: 06.05.2004

(51) Int Cl. 7: **A61M 16/00**

(71) Name und Wohnsitz des Inhabers:

**Weinmann Geräte für Medizin GmbH + Co. KG,**  
22525 Hamburg, DE

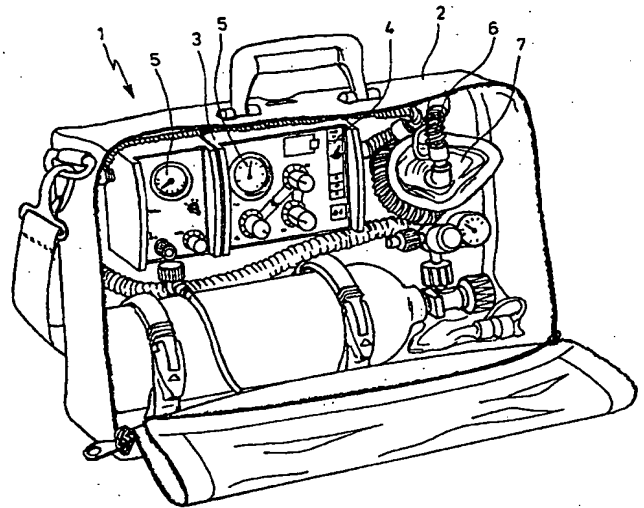
(74) Name und Wohnsitz des Vertreters:

**Patentanwälte**  
**HANSMANN-KLICKOW-HANSMANN, 22767**  
**Hamburg**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Vorrichtung zur Steuerung eines Beatmungsgerätes**

(57) Hauptanspruch: Vorrichtung zur Steuerung eines Beatmungsgerätes, die mindestens einen Sensor zur Erfassung eines Beatmungsparameters sowie mindestens einen Regler zur Vorgabe eines Stellwertes aufweist, der an eine Ablaufsteuerung angeschlossen ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Ablaufsteuerung (10) zeitlich alternierend Meßphasen und Regelphasen vorgibt und daß der Regler (8) als Teil einer Echtzeitregelung ausgebildet ist.



**Beschreibung**

[0001] Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Steuerung eines Beatmungsgerätes, die mindestens einen Sensor zur Erfassung eines Beatmungsparameters sowie mindestens einen Regler zur Vorgabe eines Stellwertes aufweist, der an eine Ablaufsteuerung angeschlossen ist.

[0002] Derartige Steuereinrichtungen werden für unterschiedliche Beatmungsgeräte verwendet. Beispielsweise können dies Geräte zur Durchführung von Notfallbeatmungen sein. Die Steuervorrichtungen können aber auch bei anderen Beatmungsgeräten eingesetzt werden, die für druckunterstützte Beatmungen verwendet werden und typischerweise während des Schlafes von Patienten zur Anwendung kommen.

[0003] Die Vorrichtungen werden in unterschiedlichen Gestaltungen im medizinischen Bereich verwendet. Grundsätzlich wird zwischen Anwendungen im mobilen Bereich sowie im stationären Bereich unterschieden. Mobile Anwendungen finden sich insbesondere im prähospitalen Einsatz bei Primärtransporten, Sekundärtransporten sowie bei innerklinischen Transporten. weitere Anwendungen können im quasistationären Bereich gegeben sein, bei dem bekannte stationäre klinische Vorrichtungen aus wirtschaftlichen oder logistischen Überlegungen nicht zum Einsatz kommen können.

[0004] Stationäre Anwendungen sind hauptsächlich im klinischen Bereich gegeben, um eine qualitativ hochwertige Patientenversorgung zu gewährleisten.

[0005] Die bislang bekannten mobilen Beatmungs- vorrichtungen, die überwiegend bei der Durchführung von Transportbeatmungen verwendet werden, funktionieren im wesentlichen entsprechend einer getakteten Luftpumpe, die in vorgegeben zeitlichen Intervallen ein vorgegebenes Atmungsvolumen in die Lungen des Patienten einleitet und in zwischenliegenden Entspannungsphasen ein Entweichen der Atmungsluft zuläßt bzw. dies aktiv unterstützt. Ggf. vorhandene Restfähigkeiten des Patienten zur eigenständigen Durchführung der Atmungsvorgänge bleiben hierbei in der Regel unberücksichtigt. Dies hat zur Folge, daß die Restatmungsfunktion des Patienten bei der Durchführung der Transportbeatmung weiter abnehmen kann.

[0006] Generell besteht bei der Durchführung von Steuervorgängen für Beatmungsgeräte das Problem darin, daß eine A-daption an einen jeweiligen aktuellen physiologischen Zustand des Patienten angestrebt wird. Bei hochwertigen Steuerungen erfolgt deshalb sowohl eine meßtechnische Erfassung mindestens eines Beatmungsparameters als auch eine Adaption von durchgeführten Steuerungsvorgängen bzw. Regelungsvorgängen an die jeweilige Anwendungssituation.

[0007] Insbesondere bei komplexen Beatmungsformen mit unterschiedlichen Grunddruckniveaus, sogenannten Bilevel-Beatmungen, ist der Aufwand zur

Regelung des Drucks bei einer druckkontrollierten Beatmung bzw. des Flows bei flowkontrollierten oder volumenkontrollierten Beatmungen sehr hoch. Die Steuerungs- und Regelungseinheiten werden typischerweise mit Mikroprozessoren ausgestattet, die entsprechende Regelalgorithmen abarbeiten. Typischerweise ist eine derartige Abarbeitung im Bereich der zentralen Rechneinheit des Beatmungsgerätes lokalisiert. Die Sensorsignale müssen dabei in Echtzeit verarbeitet werden und es ist ebenfalls erforderlich, die Ansteuersignale für die zugeordneten Aktoren, beispielsweise die Ventile oder Gebläse, in Echtzeit bereitzustellen. Bei längeren Bearbeitungszeiten treten zum Teil erhebliche Regelfehler auf. Zur Verkürzung der Verarbeitungszeiten werden zunehmend kostenintensive Prozessorsysteme mit hoher Leistungsfähigkeit eingesetzt.

[0008] Ein weiteres Problem besteht darin, daß bei softwarebasierten Ablaufsteuerungen zusätzlich zur Implementierung der Echtzeitregelung auch weitere Funktionsbereiche des Geräts abgedeckt werden müssen, die aufgrund meßtechnisch erfaßter Auslösesituationen oder aufgrund von manuellen Eingaben durchgeführt werden müssen. Typischerweise müssen neben der eigentlichen Regelungsfunktion auch noch Funktionen hinsichtlich der Messung von atemphysiologischen Parametern, eine Überwachung der Gerätefunktion, eine Ansteuerung eines Displays, eine Abfrage der Bedienelemente, die Handhabung von Alarmmeldungen sowie die Datenspeicherung durchgeführt werden.

[0009] Besonders problematisch sind die Berechnung und die Überwachung von atemphysiologischen Größen, beispielsweise des Tidalvolumens und der Lungenimpedanz sowie die Erfassung und Verarbeitung situativer Parameter, beispielsweise das Auftreten von Leckagen. Eine qualitativ hochwertige Bewältigung dieser Anwendungssituationen führt zu hohen Anforderungen sowohl an die eingesetzte Hardware als auch an die Software.

[0010] Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, eine Vorrichtung der einleitend genannten Art derart zu konstruieren, daß eine qualitativ hochwertige Gerätefunktion bei gleichzeitig hoher Zuverlässigkeit und übersichtlicher Systemstruktur bereitgestellt wird.

[0011] Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Ablaufsteuerung zeitlich alternierend Meßphasen und Regelphasen vorgibt und daß der Regler als Teil einer Echtzeitregelung ausgebildet ist.

[0012] Die Realisierung der Ablaufsteuerung derart, daß alternierende Meßphasen und Regelphasen durchgeführt werden, ermöglicht es, eine sehr weitgehende Entkopplung der jeweiligen Steuerungselemente sowie der zugeordneten Softwaremodule vorzunehmen. Diese Entkopplung führt zu einer sehr großen Übersichtlichkeit der Systemstruktur und erleichtert eine Inbetriebnahme sowie eventuell erforderliche Fehlersuchen bei der Systemherstellung.

Insbesondere führt die realisierte zeitliche Entkoppelung der Systemfunktionen bei einer einfachen Verarbeitungsstruktur, die die Abarbeitung von regelmäßig oder spontan zu erledigenden Zusatzfunktionen unterstützt.

[0013] Gemäß einer beispielhaften Anwendung ist vorgesehen, daß das Beatmungsgerät als ein Notfallbeatmungsgerät ausgebildet ist.

[0014] Zur Unterstützung von mobilen Anwendungen erweist es sich als vorteilhaft, daß das Beatmungsgerät im Bereich eines Transportkoffers angeordnet ist.

[0015] Eine einfache Systemstruktur wird auch dadurch unterstützt, daß die Ablaufsteuerung die Meßphasen in periodisch wiederkehrenden Zeitabständen vorgibt.

[0016] Zur Verbesserung der adaptiven Systemeigenschaften ist es möglich, daß der zeitliche Abstand von Meßphasen in Abhängigkeit von mindestens einem meßtechnisch erfaßten Parameter vorgegeben ist.

[0017] Insbesondere ist zur Verbesserung der vorhandenen Verarbeitungskapazität daran gedacht, daß während der Durchführung einer Meßphase ein Regelungsmodul deaktiviert und ein Steuerungsmodul aktiviert ist.

[0018] Zur Annäherung des Steuerungsverhaltens an eine Echtzeitregelung wird vorgeschlagen, daß die Steuerung zur Verarbeitung eines historienbasierten Aktorensteuersignals ausgebildet ist.

[0019] Eine typische Systemauslegung erfolgt derart, daß auf eine Meßphase eine Anzahl von  $n$  Regelphasen mit  $n > 1$  vorgegeben sind.

[0020] Ein bevorzugtes Anwendungsgebiet besteht darin, daß der Regler zur Unterstützung einer Bilevel-Beatmung ausgebildet ist.

[0021] Zur Unterstützung einer optimalen Durchführung der Steuerungsvorgänge wird vorgeschlagen, daß mindestens zeitweilig ein Speicher zur Aufzeichnung mindestens eines Signals aktiviert ist.

[0022] Eine Annäherung des Steuerungsverhaltens an ein Regelungsverhalten wird insbesondere dadurch ermöglicht, daß eine Recheneinheit zur Ermittlung mindestens eines zeitlich durchschnittlichen Steuersignals verwendet ist.

[0023] Eine gerätetechnische Realisierung besteht darin, daß die Steuereinheit zur Ansteuerung mindestens eines Ventils ausgebildet ist.

[0024] Gemäß einer weiteren Ausführungsvariante ist vorgesehen, daß die Steuereinheit zur Ansteuerung mindestens eines Gebläses ausgebildet ist.

[0025] Eine hohe Anwendungsflexibilität bei gleichzeitig kompakter Gerätegeometrie wird dadurch erreicht, daß die Steuereinheit mindestens teilweise als eine Software realisiert ist.

[0026] In der Zeichnung sind Ausführungsbeispiele der Erfindung schematisch dargestellt. Es zeigen:

[0027] Fig. 1 eine perspektivische Darstellung eines in einem Koffer angeordneten Notfallbeatmungssystems,

[0028] Fig. 2 ein schematisches Blockschaltbild zur Veranschaulichung des Steuerungsablaufes sowie von verwendeten Systemkomponenten und

[0029] Fig. 3 eine vereinfachte Blockdarstellung zur Veranschaulichung der Struktur der Steuereinheit.

[0030] Fig. 1 zeigt ein Beatmungsgerät (1), das zur Durchführung von Notfallbeatmungen ausgebildet und in einem Transportkoffer (2) angeordnet ist. Das Beatmungsgerät (1) ist mit einer Steuereinheit (3) versehen, die Bedienelemente (4) sowie Anzeigen (5) aufweist. Eine Zufuhr des Beatmungsgases zu einem Patienten erfolgt unter Verwendung eines Beatmungsschlauches (6) sowie einer Atemmaske (7).

[0031] Fig. 2 veranschaulicht prinzipiell die Funktionsweise der Steuereinheit (3) bei der Durchführung einer Drehzahlsteuerung für ein Gebläse zur Förderung des Atemgases. Nach Durchlaufen eines Startmoduls, in dem eine Vordefinition von Regelungs- und Steuerungsparametern erfolgt, wird zunächst eine Abfrage durchgeführt, ob eine vordefinierte Atemzugnummer vorliegt. Es ist hierbei vorgegeben, daß ein Zyklus von insgesamt  $m$  Atemzügen durchlaufen wird, von denen die ersten  $m-1$  Atemzüge druckgeregelt und der  $m$ -te Atemzug drehzahlgesteuert durchgeführt werden.

[0032] Ergibt die Auswertung, daß noch nicht der  $m$ -te Atemzug vorliegt, so erfolgt eine Aktivierung des Moduls zur Echtzeit-Druckregelung sowie anschließend eine Aufnahme des Drehzahlmusters  $n(t)$  der Turbine. Das Drehzahlmuster entspricht der Drehzahlfunktion des aktuellen Atemzuges.

[0033] Nach der Aufnahme des Drehzahlmusters wird eine Berechnung des Durchschnittsmusters über die bereits durchlaufenen Atemzüge durchgeführt. Beispielsweise kann hierbei eine Anzahl von  $m-1$  Atemzügen berücksichtigt werden, die zuletzt durchlaufen wurden. Der ermittelte Durchschnittswert wird abgespeichert und einer Drehzahlsteuerung zugeführt.

[0034] Anschließend erfolgt eine erneute Abfrage, ob bereits der  $m$ -te Atemzug erreicht ist, bei dem keine Regelung sondern eine Steuerung durchgeführt werden soll. Liegt dieser Atemzug vor, so wird die Drehzahlsteuerung aktiviert und die Drehzahl unter Berücksichtigung des zuletzt ermittelten durchschnittlichen Drehzahlwertes eingestellt. Beim nächsten nachfolgenden Atemzug erfolgt dann wieder eine Regelung.

[0035] Fig. 3 veranschaulicht in einer Blockschaltbilddarstellung die grundsätzliche Gerätestruktur. Es ist zu erkennen, daß die Steuereinheit (3) einen Regler (8), einen Sensor (9) zur meßtechnischen Überwachung des Beatmungsgerätes (1) sowie eine Ablaufsteuerung (10) aufweist. Die Ablaufsteuerung (10) umfaßt eine Taktvorgabe (11) sowie einen Sollwertspeicher (12). Über eine Eingabe (13) können manuelle Vorgaben berücksichtigt werden.

[0036] Durch den in Fig. 3 veranschaulichten Aufbau der Steuereinheit (3) ist es möglich, während des Atemzuges, in dem die Echtzeitregelung durch ein

historienbasiertes Aktorensteuersignal ersetzt wird, die frei werdende Verarbeitungskapazität für Meßvorgänge und/oder die Durchführung von Speichervorgängen zu nutzen. Alternativ zu einer ungewichteten Mittelwertbildung über eine vorgegebene Anzahl von Atemzügen können auch gewichtete Mittelwertbildungen durchgeführt werden, bei denen die letzten durchlaufenen Atemzüge ein höheres Gewicht als zeitlich länger zurückliegende Atemzüge bekommen. [0037] Ebenfalls ist es denkbar, bei einer Durchführung der Mittelwertbildung eine Filterung durchzuführen, die sporadische deutliche Abweichungen von einem mittleren Systemverhalten unberücksichtigt läßt. Das jeweilige Systemverhalten kann entweder fest vorgegeben werden, manuell einstellbar sein oder adaptiv von der Steuereinheit (3) automatisch aktiviert werden.

### Schutzansprüche

1. Vorrichtung zur Steuerung eines Beatmungsgerätes, die mindestens einen Sensor zur Erfassung eines Beatmungsparameters sowie mindestens einen Regler zur Vorgabe eines Stellwertes aufweist, der an eine Ablaufsteuerung angeschlossen ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Ablaufsteuerung (10) zeitlich alternierend Meßphasen und Regelphasen vorgibt und daß der Regler (8) als Teil einer Echtzeitregelung ausgebildet ist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß das Beatmungsgerät (1) als ein Notfallbeatmungsgerät ausgebildet ist.

3. Vorrichtung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß das Beatmungsgerät (1) im Bereich eines Transportkoffers (2) angeordnet ist.

4. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Ablaufsteuerung (10) die Meßphasen in periodisch wiederkehrenden Zeitabständen vorgibt.

5. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der zeitliche Abstand von Meßphasen in Abhängigkeit von mindestens einem meßtechnisch erfaßten Parameter vorgegeben ist.

6. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß während der Durchführung einer Meßphase ein Regelungsmodul deaktiviert und ein Steuerungsmodul aktiviert ist.

7. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuerung zur Verarbeitung eines historienbasierten Aktorensteuersignals ausgebildet ist.

8. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7,

dadurch gekennzeichnet, daß auf eine Meßphase eine Anzahl von n Regelphasen mit  $n > 1$  vorgegeben sind.

9. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß der Regler (8) zur Unterstützung einer Bilevel-Beatmung ausgebildet ist.

10. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens zeitweilig ein Speicher zur Aufzeichnung mindestens eines Signals aktiviert ist.

11. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß eine Recheneinheit zur Ermittlung mindestens eines zeitlich durchschnittlichen Steuersignals verwendet ist.

12. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit (3) zur Ansteuerung mindestens eines Ventils ausgebildet ist.

13. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit (3) zur Ansteuerung mindestens eines Gebläses ausgebildet ist.

14. Vorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit (3) mindestens teilweise als eine Software realisiert ist.

Es folgen 3 Blatt Zeichnungen

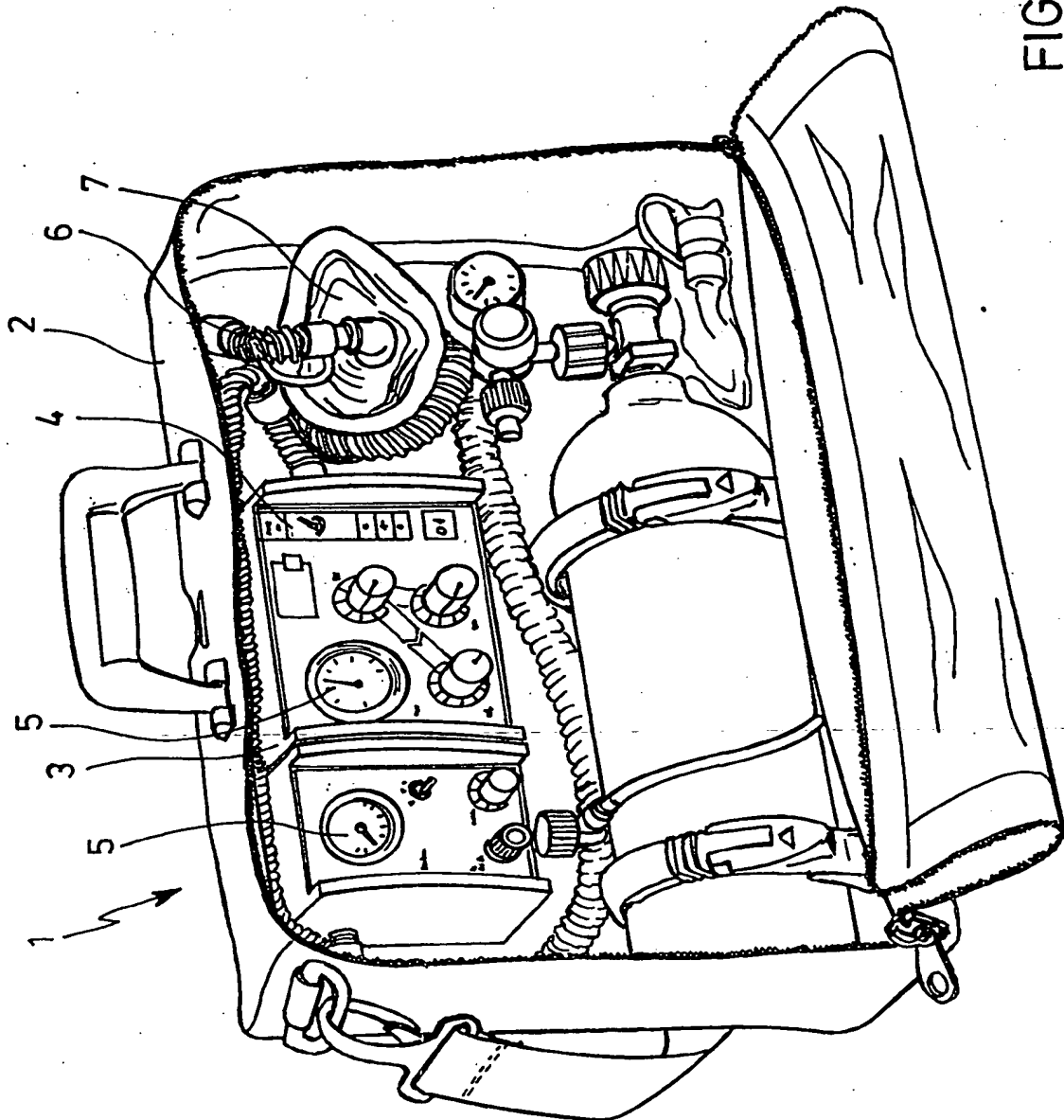
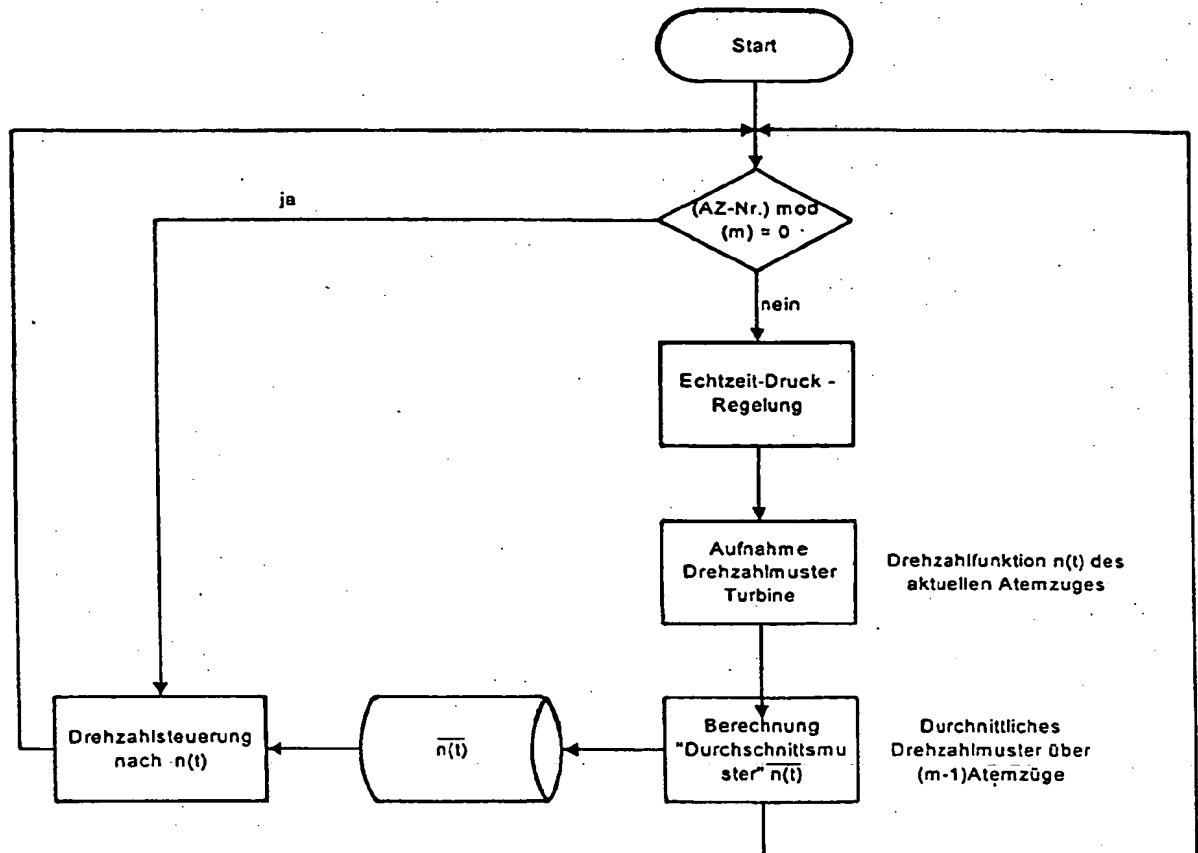


FIG.1

FIG.2

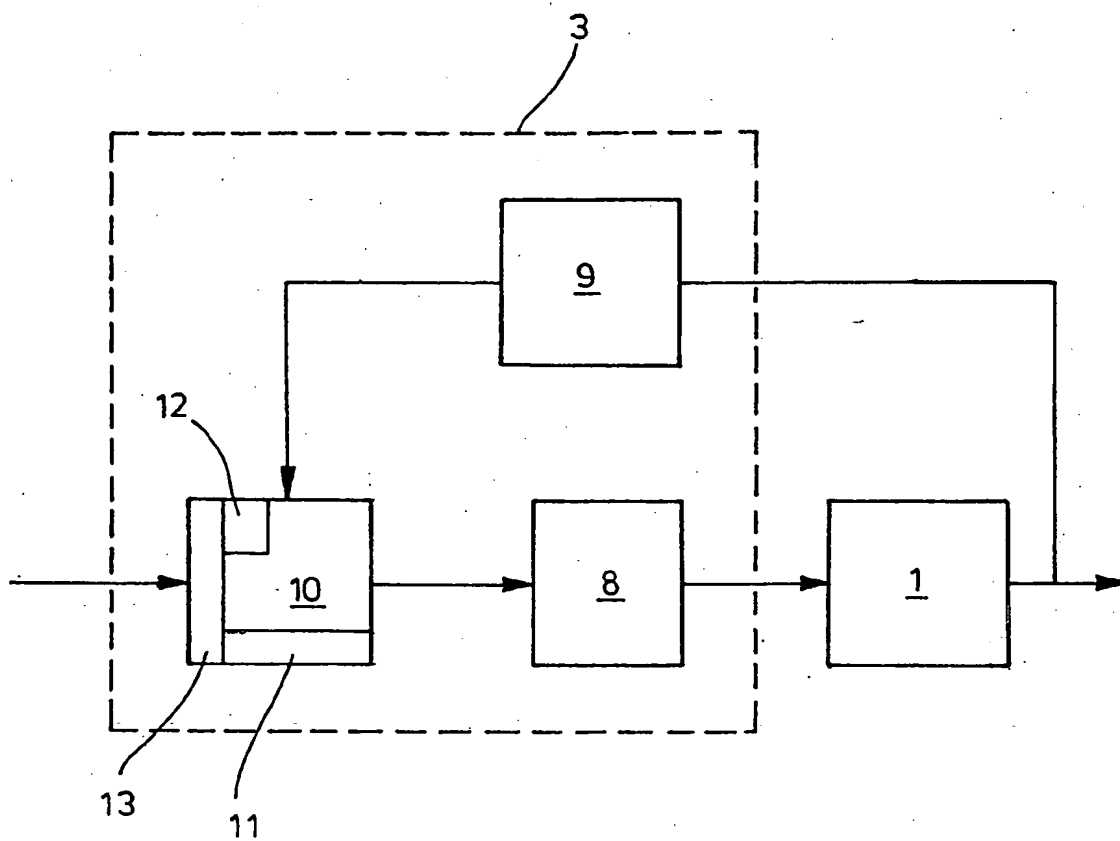


FIG.3